

---

---

# РАДИОЛОГИЯ И РАДИОБИОЛОГИЯ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

---

## RADIOLOGY AND RADIOBIOLOGY, RADIATION SAFETY

---

---

УДК 632.118.3

### СИСТЕМА РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

*Н. Н. ЦЫБУЛЬКО<sup>1)</sup>, В. В. ЖУРАВКОВ<sup>1)</sup>, М. Г. ГЕРМЕНЧУК<sup>(1)</sup>*

*<sup>1)</sup>Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова,  
Белорусский государственный университет,  
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь*

Рассматриваются международные рекомендации и нормы радиационной безопасности, эволюция формирования принципов, критериев и нормативно-методической основы радиационной защиты населения Республики Беларусь после аварии на Чернобыльской АЭС. Приведена схема зонирования территории Беларуси, подвергшейся радиоактивному загрязнению. Изложена методология нормирования содержания радионуклидов в пищевых продуктах, республиканские допустимые уровни содержания <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в сельскохозяйственном сырье для переработки на пищевые цели и кормах для получения конечной продукции. В соответствии с законодательством Беларуси проживание и трудовая деятельность населения на территории радиоактивного загрязнения не требуют каких-либо ограничений, если средняя годовая эффективная доза облучения не превышает 1 мЗв в год над уровнем естественного и техногенного радиационного фона. Допустимые уровни содержания <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в пищевых продуктах изменялись в соответствии с годовыми квотами на внутреннее облучение. На разных этапах развития послеварийной ситуации

---

#### Образец цитирования:

Цыбулько НН, Журавков ВВ, Герменчук МГ. Система радиационной защиты населения после аварии на Чернобыльской АЭС. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология.* 2023;4:16–28.  
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2023-4-16-28>

#### For citation:

Tsybulka MM, Zhuravkov VV, Germenchuk MG. System of radiation protection of the population after the accident at the Chernobyl NPP. *Journal of the Belarusian State University. Ecology.* 2023;4:16–28. Russian.  
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2023-4-16-28>

---

#### Авторы:

**Николай Николаевич Цыбулько** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; начальник научно-исследовательского сектора.

**Владислав Владимирович Журавков** – кандидат биологических наук, доцент; заместитель директора по учебной работе.

**Мария Григорьевна Герменчук** – кандидат технических наук, доцент; заместитель директора по научной работе.

#### Authors:

**Mikalai M. Tsybulka**, doctor of science (agriculture), full professor; head of the research center.

*nik.nik1966@tut.by*

**Vladislav V. Zhuravkov**, PhD (biology), docent; deputy director for educational work.

*zhuravkov@iseu.by*

**Mariya G. Germenchuk**, PhD (engineering), docent; deputy director for research.

*margermen@gmail.com*

они периодически пересматривались в сторону ужесточения. Гигиенический норматив регламентирует содержание  $^{137}\text{Cs}$  в 14 группах пищевых продуктов, содержание  $^{90}\text{Sr}$  – в 10 группах. С целью обеспечения производства продуктов питания в пределах референтных уровней разработаны допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственном сырье и кормах. Вся растениеводческая и животноводческая продукция, произведенная на загрязненных радионуклидами территориях и используемая для продовольственных целей, переработки, реализации на внутреннем и внешнем рынках, должна соответствовать нормативным требованиям.

**Ключевые слова:** радиационная защита; дозы облучения; допустимые и референтные уровни; пищевые продукты; сельскохозяйственное сырье и корма.

## SYSTEM OF RADIATION PROTECTION OF THE POPULATION AFTER THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NPP

M. M. TSYBULKA<sup>a</sup>, V. V. ZHURAVKOV<sup>a</sup>, M. G. GERMENCHUK<sup>a</sup>

<sup>a</sup>International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University,  
23/1 Daŭhabrodskaŭa Street, Minsk 220070, Belarus  
Corresponding author:

The article describes international recommendations and radiation safety standards, the evolution of the formation of principles, criteria and the regulatory and methodological basis for radiation protection of the population of the Republic of Belarus after the accident at the Chernobyl nuclear power plant. A zoning scheme for the territory of Belarus subject to radioactive contamination is presented. The methodology for regulating the content of radionuclides in food products, the republican permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in agricultural raw materials for processing for food purposes and feed for obtaining final products are outlined. In accordance with the legislation of Belarus, the residence and work of the population in the territory of radioactive contamination do not require any restrictions if the average annual effective radiation dose does not exceed 1 mSv per year above the level of natural and man-made radiation background. The permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in food products were changed in accordance with the annual quotas for internal exposure and at different stages of the development of the post-accident situation were periodically revised towards tightening. The hygienic standard regulates the content of  $^{137}\text{Cs}$  in 14 groups of food products, the content of  $^{90}\text{Sr}$  in 10 groups. In order to ensure food production within reference levels, permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in agricultural raw materials and feed have been developed. All crop and livestock products produced in areas contaminated with radionuclides and used for food purposes, processing, and sales on the domestic and foreign markets must comply with regulatory requirements.

**Keywords:** radiation protection; radiation doses; permissible and reference levels; food products; agricultural raw materials and feed.

**Международные рекомендации и нормы по радиационной защите населения.** После аварии на Чернобыльской АЭС обеспечение радиационной защиты населения и производство сельскохозяйственной продукции, отвечающей гигиеническим и ветеринарным требованиям по содержанию радионуклидов, обусловили необходимость масштабного применения защитных мероприятий во всех отраслях сельского хозяйства, а также использования специальных технологий переработки сельскохозяйственного сырья.

Радиационная защита и радиационная безопасность включает систему концепций и критериев, методов и средств, направленных на безопасность человека при использовании источников ионизирующего излучения. Особенность системы радиационной защиты и безопасности состоит в том, что она имеет несколько иерархических уровней.

Верхний уровень – международные научные основы безопасности, которые излагаются в рекомендациях Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ, ICRP). Однако они подвергаются пересмотру каждые 10–15 лет с учетом получения новых знаний о биологическом действии ионизирующего излучения и накопления опыта обеспечения радиационной безопасности. Последние рекомендации опубликованы в 2007 г. (публикация № 103) [1] и разработаны взамен предыдущей публикации 1996 г. № 60 [2].

На следующем уровне находятся международные стандарты, требования и нормы безопасности, которые формирует Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ, IAEA) после выхода очередных рекомендаций МКРЗ.

Во время аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. соответствующие международные нормы радиационной защиты населения и работников содержались в публикации № 26 МКРЗ [3], а конкретные рекомендации по защите населения в случае крупных радиационных аварий в публикации № 40 [4]. Соответствующие Основные нормы безопасности МАГАТЭ, основанные на рекомендациях МКРЗ, были выпущены в 1982 г. [5]. Основные принципы современной радиационной защиты – обоснование, оптимизация и ограничение доз. Четкое различие между защитой в нормальных условиях и в условиях вмешательства также содержались в этих документах. В то время годовой предел доз профессионального облучения равнялся 50 мЗв, а для облучения населения – 5 мЗв. Последнее значение рассматривалось в качестве безопасного уровня облучения людей.

Специальные пределы в отношении радиационной защиты населения в случае ядерных или радиационных аварийных ситуаций конкретно не были установлены в этих документах, а рекомендовалось:

– практически всеми средствами снижать аварийное облучение людей до уровней ниже доз, которые могут привести к детерминированным эффектам для здоровья (острый лучевой синдром, радиационное повреждение соответствующих органов или тканей);

– осуществлять вмешательство (применять и отменять контрмеры, направленные на снижение стохастических эффектов для здоровья) на основе оптимизации, принимающей во внимание как снижение коллективной дозы в результате применения контрмер, так и соответствующие экономические и социальные затраты на вмешательство.

В руководстве МКРЗ [4] рекомендованы общие двухуровневые критерии для случаев вмешательства на ранней стадии аварии: укрытие при дозе 5–50 мЗв на все тело или 50–500 мЗв на отдельные органы; йодная профилактика, направленная на защиту щитовидной железы от поступления радионуклидов при дозах 50–500 мЗв на щитовидную железу; эвакуация при дозах 50–500 мЗв на все тело или 500–5000 мЗв на отдельные органы. В отношении промежуточной стадии аварии рекомендовались общие критерии 5–50 мЗв на все тело или 50–500 мЗв на отдельные органы для контроля загрязнения пищевых продуктов радионуклидами и 50–500 мЗв на все тело для переселения.

Новые международные основные нормы радиационной защиты населения и работников разработаны МКРЗ в 1990 г. после того, как данные исследований показали, что коэффициенты радиационного риска возникновения стохастических эффектов для здоровья человека значительно выше, чем считалось ранее. Годовые пределы облучения были значительно (в 2,5–5 раз) снижены и установлены равными 20 мЗв для работников и 1 мЗв – для населения [6].

Специальные пределы радиационной защиты в случае ядерных или радиационных аварийных ситуаций в этих документах не были установлены. Позднее разрабатывались соответствующие конкретные рекомендации в отношении вмешательства для защиты населения в случае радиационной аварийной ситуации [7]. В этом руководстве концепция оптимизации была подтверждена в качестве основной, применяющейся в случае аварийной ситуации, и в дальнейшем она была доработана в отношении дозы, предотвращенной благодаря вмешательству.

**Формирование национальной системы радиационной защиты населения.** К моменту аварии в Советском Союзе действовали нормы радиационной безопасности (НРБ-76), разработанные Национальной комиссией по радиационной защите (НКРЗ) при Министерстве здравоохранения СССР. Основные положения, заложенные в НРБ-76, соответствовали на тот момент рекомендациям МКРЗ. В НРБ-76 устанавливались предельно допустимая доза облучения для профессионалов и предел дозы для ограниченной части населения за календарный год, которые не вызывали неблагоприятных изменений в состоянии здоровья при равномерном облучении в течение 50 лет профессиональной деятельности и 70 лет жизни соответственно, обнаруживаемых современными методами [8].

На ранних стадиях после чернобыльской катастрофы наибольшей радиологической значимостью обладали короткоживущие радионуклиды. Основным источником облучения являлся  $^{131}\text{I}$  с периодом полураспада ( $T_{1/2}$ ) 8,04 суток, который по истечении 80 дней практически полностью распался. На рис. 1 показана динамика загрязнения почвы Гомельской обл.  $^{131}\text{I}$  с 26.04.1986 по 05.05.1986 г.

Полученные на ранних этапах данные о динамике мощности дозы гамма-излучения на местности и составе радиоактивного загрязнения территории свидетельствовали о доминирующей роли изотопов цезия ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ). Прогноз динамики уровней внешнего гамма-излучения и поступления радионуклидов цезия в организм с продуктами питания показал, что накопленная доза за 50–70 лет в 2–3 раза превысит дозу за первый год [9]. С учетом данного фактора и распространения радиоактивного загрязнения на обширные территории с большим количеством жителей были введены критерии для ограничения облучения ликвидаторов и принятия решений по защите населения. В мае 1986 г. в качестве предела дозы облучения всего тела за первый год после аварии было регламентировано 100 мЗв (10 бэр в единицах, которые использовались в то время), с квотами по 50 мЗв на внешнее и внутреннее облучение.

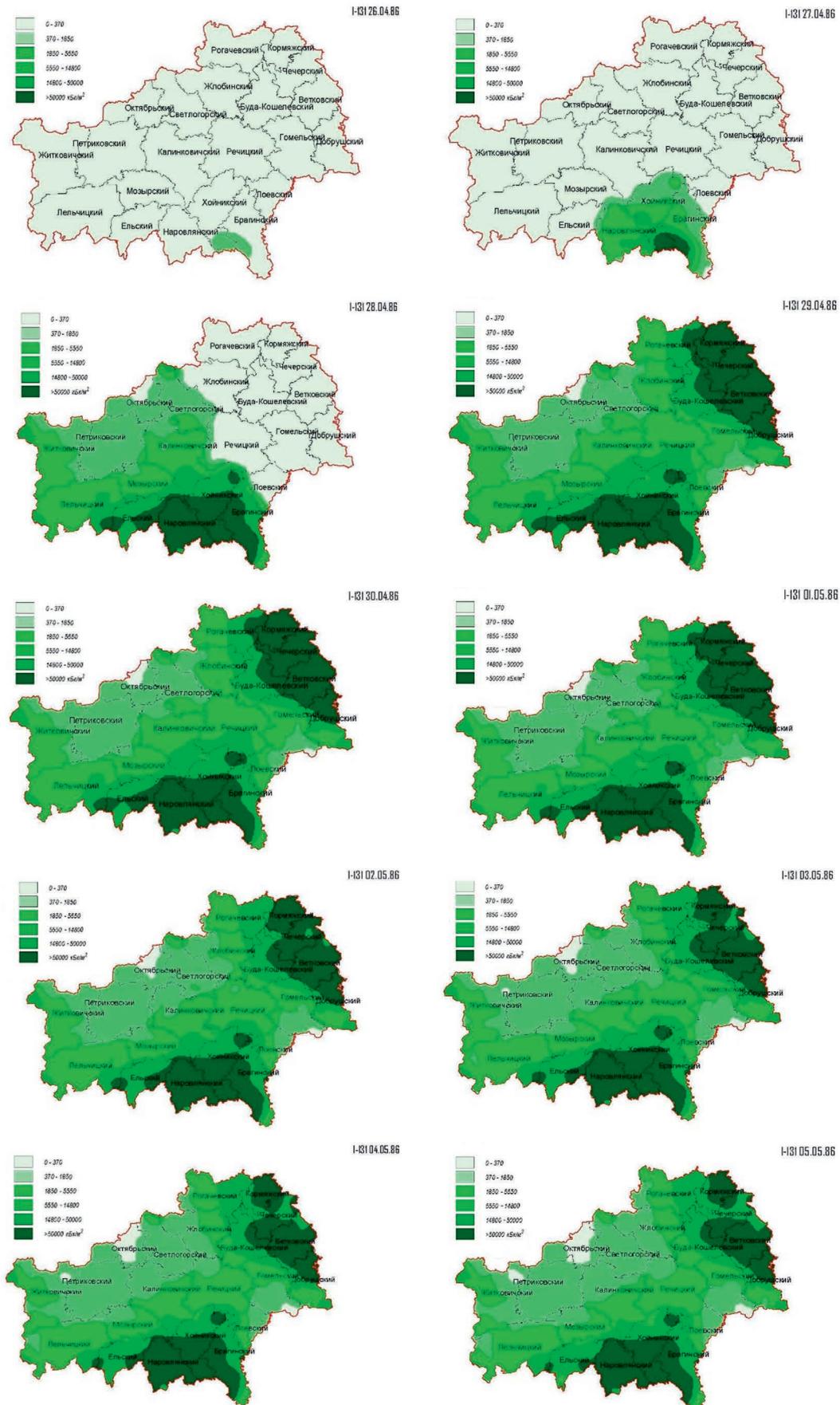


Рис. 1. Динамика загрязнения почвы Гомельской обл.  $^{131}\text{I}$  с 26.04.1986 по 05.05.1986

Fig. 1. Dynamics of soil pollution in the Gomel region  $^{131}\text{I}$  from 26.04.1986 to 05.05.1986

В результате естественных процессов и проведения защитных мер в течение первого года и в дальнейшем происходило снижение уровней радиоактивного загрязнения, внешнего излучения и поступления радионуклидов в организм жителей загрязненных территорий. Поэтому по мере улучшения радиационной обстановки пределы годовой дозы облучения снижались до 30 мЗв на второй год после аварии и по 25 мЗв в 1988–1989 гг. (табл. 1). И так, до 1990 г. допустимой дозой для населения в результате радиоактивного выброса при аварии на Чернобыльской АЭС считалась доза, не превышающая 173 мЗв [10].

Таблица 1

Изменение предельных значений доз облучения населения и ликвидаторов в первый послеаварийный период, мЗв в год

Table 1

Changes in the limit values of radiation doses to the population and liquidators in the first post-accident period, mSv per year

Норматив	Годы			
	1986	1987	1988	1989
Предельные дозы облучения ликвидаторов	250	100	100	100
Предельные дозы облучения населения	100	30	25	25

На основании этих уровней вмешательства осуществлялась система превентивных мер – переселение жителей, ограничение на производство и реализацию сельскохозяйственной продукции, потребление продуктов питания. Так, с целью радиационной защиты населения на первом этапе (1986 г.) из белорусской зоны отчуждения (Брагинского, Хойникского, Наровлянского районов) было эвакуировано 24,7 тыс. жителей из 107 наиболее загрязненных населенных пунктов [11].

В 1988–1989 гг. НКРЗ разработана Концепция безопасного проживания на загрязненных территориях в отдаленный период. Предлагалось установить допустимый предел облучения за жизнь эффективную эквивалентную дозу 350 мЗв (35 бэр), включая дозу облучения, полученную населением до 1990 г. Если в соответствии с прогнозом ожидалось дозы ниже предельной, то предлагалось снять ограничения на проживание населения, а где этот уровень был выше – рекомендовалось отселение людей [12].

Предел дозы за жизнь (350 мЗв) – весьма консервативная величина, рассчитанная с большим запасом исходя из требований разумной осторожности и «перестраховки» вследствие наличия целого ряда неопределенностей как научного, так и организационного характера. Консервативный подход предполагал, как минимум, двукратный запас по ожидаемой дозе за 70 лет, то есть средняя прогнозируемая ожидаемая индивидуальная доза облучения людей составляла бы порядка 100–170 мЗв за жизнь. Данная концепция вызвала многочисленные дискуссии и не была поддержана. Основным предметом критики являлся уровень вмешательства 350 мЗв, который расценивался как неприемлемо высокий [10].

В 1990 г. МКРЗ приняла в качестве предела средней годовой эффективной дозы (СГЭД) для населения величину 1 мЗв в регулируемых ситуациях (практической деятельности). На основании этого была выдвинута новая Концепция безопасного проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, устанавливающая сверхфоновую годовую эквивалентную дозу облучения 1 мЗв в год (70 мЗв или 7 бэр за жизнь), которая в дальнейшем положена в основу национальных нормативных правовых документов в области преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Согласно законодательству Беларуси, проживание и трудовая деятельность населения на территории радиоактивного загрязнения не требуют каких-либо ограничений, если СГЭД не превышает 1 мЗв в год над уровнем естественного и техногенного радиационного фона. При превышении СГЭД 1 мЗв в год проводятся защитные мероприятия, при снижении ее до значений в интервале от 1,0 до 0,1 мЗв в год защитные мероприятия не отменяются, а при значениях менее 0,1 мЗв в год не проводятся.

К территории радиоактивного загрязнения относится часть территории с плотностью загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  либо  $^{90}\text{Sr}$  или  $^{238-240}\text{Pu}$  соответственно, 37, 5,55, 0,37 кБк/м<sup>2</sup> (1,0, 0,15, 0,01 Ки/км<sup>2</sup>) и более, а также иные территории, на которых СГЭД может превысить (над уровнем естественного и техногенного фона) 1 мЗв в год [13]. На основе данных критериев проведено зонирование территории радиоактивного загрязнения. В зависимости от плотности загрязнения почв радионуклидами и (или) СГЭД выделяются следующие зоны радиоактивного загрязнения:

– зона эвакуации (отчуждения) – территория вокруг Чернобыльской АЭС, с которой в 1986 г. было эвакуировано население (30-километровая зона и территория, с которой проведено дополнительное отселение населения в связи с плотностью загрязнения почв  $^{90}\text{Sr}$  более 111 кБк/м<sup>2</sup> (3 Ки/км<sup>2</sup>) и  $^{238-240}\text{Pu}$  более 3,7 кБк/м<sup>2</sup> (0,1 Ки/км<sup>2</sup>));

- зона первоочередного отселения – территория с плотностью загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  от 1480 кБк/м<sup>2</sup> (40 Ки/км<sup>2</sup>) либо  $^{90}\text{Sr}$  или  $^{238-240}\text{Pu}$  соответственно, 111, 3,7 кБк/м<sup>2</sup> (3, 0,1 Ки/км<sup>2</sup>) и более;
- зона последующего отселения – территория с плотностью загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  от 555 до 1480 кБк/м<sup>2</sup> (от 15 до 40 Ки/км<sup>2</sup>), либо  $^{90}\text{Sr}$  от 74 до 111 кБк/м<sup>2</sup> (от 2 до 3 Ки/км<sup>2</sup>), или  $^{238-240}\text{Pu}$  от 1,85 до 3,7 кБк/м<sup>2</sup> (от 0,05 до 0,1 Ки/км<sup>2</sup>), на которой СГЭД может превысить (над уровнем естественного и техногенного фона) 5 мЗв, и другие территории с меньшей плотностью загрязнения указанными радионуклидами, на которых СГЭД может превысить 5 мЗв;
- зона с правом на отселение – территория с плотностью загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  от 185 до 555 кБк/м<sup>2</sup> (от 5 до 15 Ки/км<sup>2</sup>), либо  $^{90}\text{Sr}$  от 18,5 до 74 кБк/м<sup>2</sup> (от 0,5 до 2 Ки/км<sup>2</sup>), или  $^{238-240}\text{Pu}$  от 0,74 до 1,85 кБк/м<sup>2</sup> (от 0,02 до 0,05 Ки/км<sup>2</sup>), на которой СГЭД может превысить (над уровнем естественного и техногенного фона) 1 мЗв, и другие территории с меньшей плотностью загрязнения указанными радионуклидами, на которых СГЭД может превысить 1 мЗв;
- зона проживания с периодическим радиационным контролем – территория с плотностью загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  от 37 до 185 кБк/м<sup>2</sup> (от 1 до 5 Ки/км<sup>2</sup>), либо  $^{90}\text{Sr}$  от 5,55 до 18,5 кБк/м<sup>2</sup> (от 0,15 до 0,5 Ки/км<sup>2</sup>), или  $^{238-240}\text{Pu}$  от 0,37 до 0,74 кБк/м<sup>2</sup> (от 0,01 до 0,02 Ки/км<sup>2</sup>), на которой СГЭД населения не должна превышать (над уровнем естественного и техногенного фона) 1 мЗв.

**Нормирование содержания радионуклидов в пищевых продуктах.** Гигиеническая регламентация содержания радионуклидов в пищевых продуктах, питьевой воде, сельскохозяйственном сырье – одна из основных краткосрочных и долгосрочных мер по радиационной защите населения после чернобыльской катастрофы. Допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  изменялись в соответствии с годовыми квотами на внутреннее облучение и на разных этапах развития аварийной и послеаварийной ситуации в соответствии с улучшением радиационной обстановки, естественных процессов радиоактивного распада и закрепления радионуклидов в почвенном комплексе периодически пересматривались в сторону ужесточения [14].

В связи с озабоченностью населения по поводу радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1989 г. Комиссия Codex Alimentarius утвердила руководящие уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах, находящихся в международной торговле, для первого года после крупной ядерной аварии [15].

На первых этапах после аварии действовали временные допустимые уровни (ВДУ) содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде. Первый набор ВДУ утвержден Министерством здравоохранения СССР 6 мая 1986 г. в отношении концентрации  $^{131}\text{I}$  в питьевой воде и ряде пищевых продуктов (молоко, молочные продукты), который был направлен на ограничение дозы на щитовидную железу у детей до значения 300 миллигр (мГр). Следующие допустимые уровни, принятые 30 мая 1986 г. (ВДУ-86), касались содержания всех бета-излучателей в пищевых продуктах в результате поверхностного загрязнения. Особое внимание уделялось долгоживущим радионуклидам цезия. В 1988 г. введены ВДУ-88 в отношении суммарной активности  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в питьевой воде и пищевых продуктах (молоко и молочные продукты, мясо и мясные продукты, рыба, яйца, хлеб, мука, зерновые, картофель, овощи, корнеплоды, фрукты) [16].

В 1990 г. в Беларуси разработаны национальные республиканские контрольные уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в продуктах питания и питьевой воде (РКУ-90), которые действовали на протяжении 1990–1992 гг. Они учитывали конкретные послеаварийные условия и были рассчитаны, чтобы за счет поступления радионуклидов с пищевыми продуктами доза внутреннего облучения критической группы населения не превышала 1,7 мЗв в год. В дальнейшем принимались республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-92, РДУ-96), которые обеспечивали не превышение годового дозового предела в 1 мЗв [17]. В настоящее время действует гигиенический норматив № 10-117-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)», установленный Министерством здравоохранения в 1999 г., который регламентирует содержание  $^{137}\text{Cs}$  в 20 группах пищевых продуктов, содержание  $^{90}\text{Sr}$  – в 4 группах. Для продуктов питания, потребление которых составляет менее 5 кг в год на человека (специи, чай, мед), устанавливаются допустимые уровни в 10 раз выше, чем установленные величины для прочих пищевых продуктов (табл. 2).

Расчет допустимого содержания радионуклидов в пищевых продуктах проводился исходя из законодательно принятого предела дозы облучения для населения – 1 мЗв в год, рациона питания жителей, вклада основных компонентов рациона в поступление радионуклидов в организм, международных коэффициентов перехода от поступления к эффективной дозе внутреннего облучения. При разработке РДУ-99 использован рацион питания сельских жителей 1998 г., а дозы внутреннего облучения были рассчитаны при условии потребления в течение всего года продуктов с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на уровне нормативов. Дозы внутреннего облучения, которые может получить население при

потреблении в течение всего года продуктов питания, загрязненных на уровне нормативов РДУ-99, рассчитаны по формуле:

$$E = \sum_i GL(A) * M(A) * e_{oral}(A),$$

где  $E$  – доза внутреннего облучения, мЗв в год;

$GL(A)$  – допустимый уровень, Бк/кг;

$M(A)$  – годовое потребление продукта, кг в год;

$e_{oral}(A)$  – возраст-зависимый дозовый коэффициент (мЗв/Бк).

Таблица 2

Республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)

Table 2

National permissible levels for  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  content in foodstuffs and drinking water (RDU-99)

Наименование продукта	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
	Бк/кг, Бк/л	
Вода питьевая	10	0,37
Молоко и цельномолочная продукция	100	3,7
Молоко сгущенное и концентрированное	200	–
Творог и творожные изделия	50	–
Сыры сычужные и плавленые	50	–
Масло коровье	100	–
Мясо и мясные продукты, в том числе		–
Говядина, баранина и продукты из них	500	–
Свинина, птица и продукты из них	180	
Картофель	80	3,7
Хлеб и хлебобулочные изделия	40	3,7
Мука, крупы, сахар	60	–
Жиры растительные	40	–
Жиры животные и маргарин	100	–
Овощи и корнеплоды	100	–
Фрукты	40	–
Садовые ягоды	70	–
Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод садовых	74	–
Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	185	–
Грибы свежие	370	–
Грибы сушеные	2500	–
Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	37	1,85
Прочие продукты питания	370	–

В соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [18], для расчета дозы внутреннего облучения при употреблении продуктов питания, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , использованы дозовые коэффициенты перехода от удельной активности радионуклида в продукте к дозе облучения (возраст-зависимый дозовый коэффициент) – ожидаемая эффективная доза на единицу перорального поступления. Критической группой при пероральном поступлении  $^{137}\text{Cs}$  являются взрослые, а  $^{90}\text{Sr}$  – дети 12–17 лет.

При обосновании допустимых уровней учитывалось, что загрязненная продукция не является импортируемой, а производится внутри страны, и потребление такой продукции составляет 100 %, что наиболее характерно для территорий, загрязненных одновременно  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . После введения РДУ-99 дозы

внутреннего облучения не должны были превышать 0,98 мЗв в год, в том числе за счет поступления  $^{137}\text{Cs}$  – 0,9 мЗв в год,  $^{90}\text{Sr}$  – 0,08 мЗв в год.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2022 г. № 829 «Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37» утвержден Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», который устанавливает референтные уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах, а также референтные уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в древесине, продукции из древесины и древесных материалов, прочей непищевой продукции лесного хозяйства, лекарственно-техническом сырье<sup>1</sup>. Данный гигиенический норматив регламентирует содержание  $^{137}\text{Cs}$  в 14 группах пищевых продуктов, содержание  $^{90}\text{Sr}$  – в 10 группах (табл. 3).

Таблица 3

Референтные уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах\*

Table 3

Reference levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  content in food products

Наименование продукта	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
	Бк/кг, Бк/л	
Молоко и продукты переработки молока**, молочные продукты	100	5
Сыры и сырные продукты, творог и творожные продукты	50	10
Продукты переработки молока сухие, сублимированные	500	200
Масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир	200 100	5 5
Мясо, мясная продукция и субпродукты***	200	–
Оленина, мясо диких животных	300	–
Рыба и рыбные продукты (рыба сушеная и вяленая)	130 (260****)	10
Овощи, корнеплоды, включая картофель	80 (600****)	5
Хлеб и хлебобулочные изделия, сдобные изделия	40	5
Мука, крупы, хлопья, макаронные изделия	60	–
Масла растительные	40	80
Грибы свежие (сухие и консервированные)	500 (2500****)	–
Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	160 (800****)	–
Специализированные продукты для детского питания в готовом для употребления виде*****	40	5

Примечания.

\*Соответствие референтному уровню устанавливается путем сравнения с референтным уровнем измеренного значения содержания радионуклидов в пищевых продуктах с учетом погрешности метода его определения.

\*\*Кроме молока и продуктов переработки молока, гущенных, концентрированных, сухих, консервов, сыров и сырных продуктов, масла и масляной пасты из коровьего молока, сливочно-растительного спреда и сливочно-растительной топленой смеси, концентратов молочных белков, лактулозы, сахара молочного, казеина, казеинатов, гидролизатов молочных белков.

\*\*\*Мясо, мясная продукция и субпродукты крупного рогатого скота, свиней, овец и других сельскохозяйственных животных.

\*\*\*\*Референтный уровень в сухом, сублимированном продукте.

\*\*\*\*\*Для сублимированных продуктов удельная активность определяется в восстановленном продукте.

Референтные уровни содержания радионуклидов в продуктах питания Беларуси являются наиболее «жесткими». По содержанию  $^{90}\text{Sr}$  они ниже нормативов Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 021/20112011 «О безопасности пищевой продукции») в 4 раза для хлеба и хлебобулочных изделий, в 5 раз – для молока и цельномолочной продукции, в 8 раз – для картофеля, в 5 раз – для специализированных продуктов детского питания. Республиканские допустимые и референтные уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в пищевых продуктах существенно ниже нормативов Европейского союза (Регламент ЕС № 733/2008) и уровней, принятых Комиссией Codex Alimentarius (табл. 4).

<sup>1</sup>Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2022 г. № 829 «Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37». Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. 07.12.2022, 5/51037.

Сравнение допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах в Беларуси, России, Украине, Таможенном союзе и Европейского союза

Table 4

Comparison of acceptable levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in food products in Belarus, Russia, Ukraine, the Customs Union and the European Union

Наименование продукта	Страна, год принятия					
	Беларусь, 2022	Россия, 2001	Украина, 1997	ТС, 2011	ЕС, 1986	Codex Alimentarius, 1989
Содержание $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг, Бк/л						
Хлеб и хлебобулочные изделия	40	40	20	40	600	1000
Молоко и цельномолочная продукция	100	100	100	100	370	1000
Мясо и мясные продукты: говядина, баранина и продукты из них; свинина, птица и продукты из них	200	160	200	200	600	1000
		180	200	200	600	–
Картофель и корнеплоды	80	80	60	80	600	1000
Овощи	80	130	40	80	600	1000
Дикорастущие ягоды	160	–	500	160	–	–
Грибы свежие	500	50	500	500	600	–
Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	40	40–100	40	40	370	1000
Содержание $^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг, Бк/л						
Молоко и цельномолочная продукция	5	25	20	25	Не нормируется	
Хлеб и хлебобулочные изделия	5	70	5	20		
Картофель	5	60	20	40		
Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	5	25–60	5	25		

**Нормирование содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственном сырье и кормах.** С целью обеспечения производства продуктов питания в пределах РДУ-99 разработаны Республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственном сырье и кормах. Допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственном сырье и кормах введены на срок действия РДУ-99 (табл. 5).

В соответствии с РДУ-99 предельное содержание радионуклидов в зерне на пищевые цели зерновых и зернобобовых культур не должно превышать:  $^{137}\text{Cs}$  – 90 Бк/кг;  $^{90}\text{Sr}$  – 11 Бк/кг. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в клубнях картофеля на пищевые цели не должно быть выше 80 и 3,7 Бк/кг соответственно. Согласно ТР ТС 021/20112011 «О безопасности пищевой продукции», предельное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зерне на пищевые цели не должно превышать 60 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – 11 Бк/кг.

Принятые в Беларуси допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в основных видах кормов предусмотрены для получения различных видов конечной продукции (табл. 6). В молоке и цельномолочной продукции содержание  $^{137}\text{Cs}$  не должно превышать 100 Бк/л,  $^{90}\text{Sr}$  – 3,7 Бк/л. Для получения такого молока в суточном рационе дойной коровы должно содержаться  $^{137}\text{Cs}$  не более 10,0 кБк,  $^{90}\text{Sr}$  – не более 2,6 кБк.

Таким образом, вся растениеводческая и животноводческая продукция, произведенная на загрязненных радионуклидами территориях и используемая для продовольственных целей, переработки и реализации на внутреннем рынке, должна соответствовать требованиям нормативных документов.

Таблица 5

Республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$   
в сельскохозяйственном сырье для переработки на пищевые цели

Table 5

Republican permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in agricultural raw materials for processing for food purposes

Продукция	Содержание, Бк/кг	
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Молоко для переработки на: сливочное масло	370	18
цельномолочные продукты	100	3,7
молоко сухое и концентрированное	30	3,7
Растительное сырье:		
овощи	100	Не нормируется
фрукты	40	Не нормируется
садовые ягоды	70	Не нормируется
зерно	90	11
зерно на детское питание	55	3,7
Прочее сырье	370	Не нормируется

Таблица 6

Республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$   
в кормах для получения различных видов конечной продукции

Table 6

Republican permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  content in different types of feed for obtaining various types of end products

Виды кормов	Содержание, Бк/кг				
	$^{137}\text{Cs}$			$^{90}\text{Sr}$	
	молоко цельное*	молоко – сырье для переработки на масло	мясо, заключительный откорм	молоко цельное	молоко – сырье для переработки на масло
Сено	1300	1850	1300	260	1300
Солома	330	900	700	185	900
Сенаж	500	900	500	100	500
Силос	240	600	240	50	250
Корнеплоды	160	600	300	37	185
Зерно на фураж, комбикорм	180	600	480	100	500
Зеленая масса	165	600	240	37	185
Прочие виды кормов	900	–	–	–	–

Примечание. \*Корма для производства молока – сырья для переработки на сыры и творог, а также для откорма свиней и птицы должны соответствовать тем же требованиям.

В 2007 г. МКРЗ утвердила новую редакцию Рекомендаций по системе радиационной защиты (Публикация 103) [1], в которых отражена концепция перехода от использующегося ранее подхода «практик» и «вмешательств» к использованию метода, основанного на характеристиках ситуаций радиоактивного облучения. Определены 3 типа ситуаций облучения: планируемое облучение, аварийное облучение и существующее облучение. В Рекомендациях сохранены ключевые принципы радиационной защиты.

МАГАТЭ для развития Рекомендаций МКРЗ разработало Нормы по безопасности для регулирующих и других государственных органов и организаций [19]. Этим документом определено, что к ситуациям существующего облучения относятся ситуации облучения от природных источников излучения, остаточного радиоактивного материала, сохранившегося после предыдущей деятельности, а также после

ситуации аварийного облучения. Следовательно, проживание или профессиональная деятельность на территории радиоактивного загрязнения в отдаленный послеаварийный период рассматривается как ситуация существующего облучения. Для таких ситуаций фундаментальные принципы радиационной защиты включают обоснование защитных стратегий и оптимизацию защиты, достигнутых в результате реализации этих стратегий. При планировании и реализации процесса оптимизации в ситуациях существующего облучения рекомендуется использовать референтные (контрольные) уровни – уровень дозы, риска или активности радионуклидов, выше которого планировать допустимое облучение неприемлемо, а ниже которого следует проводить оптимизацию защиты. Рекомендован диапазон референтного уровня от 1 до 20 мЗв в год. Величина его зависит от сложившихся обстоятельств в рассматриваемой ситуации облучения и превалирующих условий облучения.

Переход от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения характеризуется изменениями в стратегии управления: от стратегий, обусловленных срочностью, с потенциально высокими уровнями облучения и централизованным принятием управленческих решений, к более децентрализованным стратегиям, направленным на улучшение условий жизнедеятельности и снижение уровней облучения на столько, на сколько это достижимо в сложившейся ситуации [20].

Республика Беларусь, следуя рекомендациям МКРЗ и МАГАТЭ, в новом Законе «О радиационной безопасности» от 18 июня 2019 г. № 198-З обозначила основные принципы обеспечения радиационной безопасности: принцип нормирования; принцип обоснования; принцип оптимизации<sup>2</sup>. Также определены ситуации облучения:

– ситуация планируемого облучения, возникающая в результате запланированной эксплуатации источника ионизирующего излучения или запланированной деятельности (медицинское облучение, профессиональное облучение, облучение населения), способных приводить к облучению;

– ситуация аварийного облучения, возникающая в результате радиационной аварии, действия или непредвиденного события, которые требуют немедленных мер в целях недопущения или минимизации неблагоприятных последствий;

– ситуация существующего облучения, в которой облучение уже существует от естественного радиационного фона, либо от остаточного количества радиоактивных веществ от осуществляемой ранее практической деятельности, или после ситуации аварийного облучения и необходимо принимать решение о целесообразности ограничения облучения населения.

Существенное улучшение радиационной обстановки на значительной части территории радиоактивного загрязнения Беларуси, снижение доз облучения населения и производство продукции, отвечающей национальным допустимым уровням и международным стандартам по содержанию радионуклидов, позволяет предпринять шаги по выводу части территории из «аварийной ситуации» и оптимизации радиационной защиты населения.

В первую очередь, важным является разработка Концепции перехода от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения. Данный документ позволит выработать систему принципов, подходов и направлений, определяющих действия по переходу к ситуации существующего облучения, выделить целевые показатели, способствующие принятию решения – на каком основании и когда этот переход может быть осуществлен. Концепция явится системой взглядов, позволяющей органам государственного управления и общественности понять необходимость выхода из ситуации аварийного облучения, а также необходимость изменения нормативной правовой базы без ухудшения мер социальной защиты населения.

Реализация на практике системы радиационной защиты населения при ситуации существующего облучения требует концептуального пересмотра сложившихся подходов к зонированию территории радиоактивного загрязнения и нормированию содержания радионуклидов в пищевых продуктах, оптимизации системы радиационного контроля продуктов питания, продукции леса, сельскохозяйственного сырья и кормов, решения других вопросов.

Действующее в настоящее время зонирование территории радиоактивного загрязнения разработано в 1990 г. для аварийной ситуации, предусматривающее отселение жителей из наиболее загрязненных радионуклидами территорий с выделением зон отселения. Для ситуации существующего облучения при стабилизирующейся радиационной обстановке необходимы новые принципиальные подходы и критерии выделения зон радиоактивного загрязнения на территории, на которой проживает население, с выделением отчужденных и отселенных территорий. При разработке новой системы зонирования территории радиоактивного загрязнения должны быть предусмотрены принципы снятия ограничений и запретов.

<sup>2</sup>Закон Республики Беларусь от 18 июня 2019 г. № 198-З «О радиационной безопасности». Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. 26.06.2019, 2/2636.

## Заключение

Система радиационной защиты имеет несколько иерархических уровней, включая международные научные основы безопасности, международные стандарты и нормы безопасности МАГАТЭ. В 1986 г. в соответствии с основными нормами безопасности МАГАТЭ годовой предел доз профессионального облучения равнялся 50 мЗв, для облучения населения – 5 мЗв. Последнее значение рассматривалось в качестве безопасного уровня облучения людей. Новые международные основные нормы радиационной защиты населения и работников были разработаны в 1990 г. Годовые пределы облучения были значительно (в 2,5–5 раз) снижены и установлены равными 20 мЗв для работников и 1 мЗв – для населения. На основании этих уровней была определена концепция безопасного проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, устанавливающая сверхфоновую годовую эквивалентную дозу облучения 1 мЗв в год (70 мЗв за жизнь), которая положена в основу национальных нормативных правовых документов в области преодоления последствий чернобыльской катастрофы.

Расчет допустимых уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах проводился с учетом установленного предела дозы облучения для населения, рациона питания жителей, вклада основных компонентов рациона в поступление радионуклидов в организм. После введения РДУ-99 дозы внутреннего облучения не должны были превышать 0,98 мЗв в год, в том числе за счет поступления  $^{137}\text{Cs}$  – 0,9 мЗв в год, за счет поступления  $^{90}\text{Sr}$  – 0,08 мЗв в год. С целью обеспечения производства продуктов питания в пределах РДУ-99 разработаны республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственном сырье и кормах. Вся растениеводческая и животноводческая продукция, произведенная на загрязненных радионуклидами территориях и используемая для продовольственных целей, переработки и реализации на внутреннем рынке, должна соответствовать нормативным требованиям.

Существенное улучшение радиационной обстановки за 36-летний период после аварии на Чернобыльской АЭС на значительной части территории радиоактивного загрязнения Беларуси, снижение доз облучения населения и производство продукции, отвечающей национальным допустимым уровням и международным стандартам по содержанию радионуклидов, позволяет предпринять шаги по выводу части территории из «аварийной ситуации» и оптимизации радиационной защиты населения. Реализация на практике системы радиационной защиты населения при ситуации существующего облучения требует концептуального пересмотра сложившихся подходов в области преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

## Библиографические ссылки

1. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Annals of the ICRP*. 2007;37(2–4):332.
2. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP*. 1991;21(1–3):340.
3. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 26. Oxford and New York: Pergamon Press; 1977.
4. ICRP, Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning, Publication 40. Oxford and New York: Pergamon Press; 1984.
5. International Atomic Energy Agency, International Labour Organisation, Oecd Nuclear Energy Agency, World Health Organization. Basic Safety Standards for Radiation Protection, Safety Series. Publication 9. Vienna: IAEA; 1982.
6. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60. Oxford and New York: Pergamon Press; 1991.
7. ICRP, Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. Publication 63. Oxford and New York: Pergamon Press; 1993.
8. Балонов МИ, Анисимова ЛИ, Перминова ГС. Критерии защиты населения и реабилитации территорий России в отдаленный период после чернобыльской аварии. *Радиация и риск*. 1999;11:108–116.
9. Константинов ЮО. Чернобыльская авария: обоснование и реализация решений по защите населения. *Радиационная гигиена*. 2011;4(2):59–67.
10. Кенигсберг ЯЭ, Цыбулько НН. Радиационная защита населения Беларуси после чернобыльской катастрофы. *Радиационная гигиена*. 2014;7(2):75–85.
11. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий. В: *Национальный доклад Республики Беларусь*. Минск: ИВЦ Минфина; 2020. 152 с.
12. Цыбулько НН. Научно-методологическое обоснование и реализация мер радиационной защиты населения после катастрофы на Чернобыльской АЭС. *Экологический вестник*. 2015;2(32):111–120.
13. *Сборник нормативных правовых актов по вопросам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС*. Минск: Институт радиологии; 2013. 160 с.
14. Ильин ЛА. Радиационная защита населения при реагировании на чернобыльскую аварию. В: *Чернобыль 20 лет спустя. Стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов. Часть I. 20 years after Chernobyl. Strategy for recovery and sustainable Development of the Affected regions. Part I. Материалы международной конференции, 19–21 апреля, 2006 г., Минск*. Минск: Беларусь; 2006; с. 72–86.
15. Codex Alimentarius Commission, Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade, Rep. CAC/GL 5-1989. Rome: [publisher unknown]; 1989.

16. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт. В: Доклад экспертной группы «Экология» Чернобыльского форума. Вена: МАГАТЭ; 2008. 180 с.
17. Кенигсберг ЯЭ. Гигиенические нормативы содержания цезия-137 и стронция-90 в продуктах питания: чернобыльский опыт Беларуси. *Радиационная гигиена*. 2008;1(2):28–31.
18. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources: Safety Series 115. Vienna: IAEA; 1996. 48 p.
19. IAEA Safety Standards. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, No. GSR, Part 3 (Interim). Vienna: IAEA; 2011.
20. ICRP. Radiological protection of people and the environment in the event of a large nuclear accident: update of ICRP Publications 109 and 111. ICRP Publication 146. *Annals of the ICRP*. 2020;49(4):39–47.

## References

1. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Annals of the ICRP*. 2007;37(2–4):332.
2. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP*. 1991;21(1–3):340.
3. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 26. Oxford and New York: Pergamon Press; 1977.
4. ICRP. Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning, Publication 40. Oxford and New York: Pergamon Press; 1984.
5. International Atomic Energy Agency, International Labour Organisation, Oecd Nuclear Energy Agency, World Health Organization. Basic Safety Standards for Radiation Protection, Safety Series. Publication 9. Vienna: IAEA; 1982.
6. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60. Oxford and New York: Pergamon Press; 1991.
7. ICRP. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. Publication 63. Oxford and New York: Pergamon Press; 1993.
8. Balonov MI, Anisimova LI, Perminova GS. *Kriterii zashhity naselenija i reabilitacii territorij Rossii v otdalennyj period posle chernobyl'skoj avarii* [Criteria for the protection of the population and rehabilitation of the territories of Russia in the remote period after the Chernobyl accident]. *Radiation and risk*. 1999;11:108–116. Russian.
9. Konstantinov YuO. *Chernobyl'skaya avariya: obosnovaniye i realizatsiya resheniy po zashchite naseleniya* [Chernobyl accident: justification and implementation of solutions to protect the population]. *Radiation hygiene*. 2011;4(2):59–67. Russian.
10. Konigsberg YaE, Tsybulka NN. *Radiacionnaja zashhita naselenija Belarusi posle chernobyl'skoj katastrofy* [Radiation protection of the population of Belarus after the Chernobyl disaster]. *Radiation hygiene*. 2014;7(2):75–85. Russian.
11. *35 let posle chernobyl'skoj katastrofy: itogi i perspektivy preodolenija ee posledstvij*. V: *Nacional'nyj doklad Respubliki Belarus [35 years after the Chernobyl disaster: results and prospects of overcoming its consequences*. In: National Report of the Republic of Belarus]. Minsk: IVC of the Ministry of Finance; 2020. 152 p. Russian.
12. Tsybulka NN. *Nauchno-metodologicheskoe obosnovanie i realizacija mer radiacionnoj zashhity naselenija posle katastrofy na Chernobyl'skoj AES*. [Scientific and methodological justification and implementation of measures of radiation protection of the population after the Chernobyl disaster]. *Ecological Bulletin*. 2015;2(32):111–120. Russian.
13. *Sbornik normativnyh pravovyh aktov po voprosam preodolenija posledstvij katastrofy na Chernobyl'skoj AJeS* [Collection of normative legal acts on overcoming the consequences of the Chernobyl disaster]. Minsk: Institute of Radiology; 2013. 160 p. Russian.
14. Ilyin LA, et al. *Radiacionnaja zashhita naselenija pri reagirovanii na chernobyl'skuju avariju* [Radiation protection of the population in response to the Chernobyl accident]. In: Chernobyl 20 years later. Strategy of recovery and sustainable development of the affected regions. Part I. 20 years after Chernobyl. Strategy for recovery and sustainable Development of the Affected regions. Part I. *Materialy mezhdunarodnoj konferentsii, 2006 April 19–21, Minsk*. Minsk: Belarus; 2006. pp. 72–86. Russian.
15. Codex Alimentarius Commission, Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade, Rep. CAC/GL 5-1989. Rome: [publisher unknown]; 1989.
16. *Ekologicheskie posledstviya avarii na Chernobyl'skoj AJeS i ih preodolenie: dvadcatiletnij opyt*. V: *Doklad ekspertnoj grupy «Ekologija» Chernobyl'skogo foruma* [Environmental consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant and their overcoming]. In: Twenty years of experience: report of the expert group «Ecology» of the Chernobyl forum]. Vienna: IAEA; 2008. 180 p. Russian.
17. Konigsberg, YaE. *Gigienicheskie normativy sodержaniya cezija-137 i stroncija-90 v produktah pitaniya: chernobyl'skij opyt Belarusi* [Hygienic standards for the content of cesium-137 and strontium-90 in food: Chernobyl experience of Belarus]. *Radiation hygiene*. 2008;1(2):28–31. Russian.
18. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources: Safety Series 115. Vienna: IAEA; 1996. 48 p.
19. IAEA Safety Standards. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, No. GSR, Part 3 (Interim). Vienna: IAEA; 2011.
20. ICRP. Radiological protection of people and the environment in the event of a large nuclear accident: update of ICRP Publications 109 and 111. ICRP Publication 146. *Annals of the ICRP*. 2020;49(4):39–47.

Статья поступила в редколлегию 26.11.2023.  
Received by editorial board 26.11.2023.